

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 6月27日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-188392

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-188392 ]

出 願 人

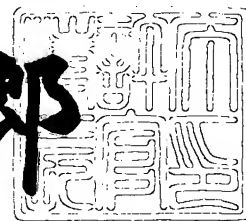
Applicant(s):

アイシン・エイ・ダブリュ株式会社

2003年 5月20日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3037496

【書類名】 特許願

【整理番号】 N3629

【提出日】 平成14年 6月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B60K 1/00

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県安城市藤井町高根 1 0 番地 アイシン・エイ・ダ  
                                ブリュ株式会社内

    【氏名】 山口 康夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000100768

    【氏名又は名称】 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100096426

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 川合 誠

【選任した代理人】

    【識別番号】 100089635

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 清水 守

【選任した代理人】

    【識別番号】 100116207

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 青木 俊明

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 012184

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1  
【物件名】 要約書 1  
【包括委任状番号】 9302114  
【包括委任状番号】 9306393  
【包括委任状番号】 0011193  
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 モータ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有するとともに、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備え、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられ、前記各突極の形状は、前記ロータコアの回転方向における突極の中心とロータコアの軸心とを結ぶ線に対して非対称にされることを特徴とするモータ。

【請求項 2】 回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有するとともに、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備え、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられ、前記各突極において、前記ロータコアの回転方向における突極の中心より下流側のエアギャップが上流側のエアギャップより大きくされることを特徴とするモータ。

【請求項 3】 回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有するとともに、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備え、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられ、前記各突極の前半部にテーパ部が形成されることを特徴とするモータ。

【請求項 4】 回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有するとともに、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備え、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられ、前記各突極の前半部に穴部が形成されることを特徴とするモータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、モータに関するものである。

【0002】

【従来技術】

従来、マグネットトルク及びリラクタンストルクを併用するモータ、例えば、永久磁石式同期モータ等のモータにおいては、ロータのd軸上にマグネットトルクを発生させるための永久磁石が、q軸上にリラクタンストルクを発生させるための突極が配設され、ステータのコイルに電流が供給されることによって形成される電磁石の位置を表す電流位相を変化させることにより、前記マグネットトルク及びリラクタンストルクが変化させられる。

【0003】

図2は電流位相とトルクとの関係図である。なお、図において、横軸に電流位相を、縦軸にトルクを採ってある。

【0004】

図において、 $T_m$ はマグネットトルク、 $T_r$ はリラクタンストルク、 $T_t$ はマグネットトルク $T_m$ 及びリラクタンストルク $T_r$ を加算して得られる合計トルク $T_t$ である。なお、電磁石の位置が各永久磁石間の中央であり、かつ、突極の中央にあるときの電流位相を電気角で0〔°〕であるとする、電流位相が0〔°〕であるときに、マグネットトルク $T_m$ が最大値になり、電流位相が45〔°〕であるときに、リラクタンストルク $T_r$ が最大値になる。

【0005】

したがって、合計トルク $T_t$ の最大値は、電流位相が0～45〔°〕の間の値 $\theta_1$ （例えば、30〔°〕）で得られ、そのとき、マグネットトルク $T_m$ は最大値を採らない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、前記従来モータにおいては、マグネットトルク $T_m$ が最大値

を採らない状態で合計トルク  $T_t$  の最大値を得るようにしているので、マグネットトルク  $T_m$  を十分に利用することができない。したがって、必要な値の合計トルク  $T_t$  を発生させようとする、永久磁石を大きくしなければならず、モータが大型化してしまう。

## 【 0 0 0 7 】

また、モータを高速で駆動すると、モータの角速度  $\omega$  と  $q$  軸インダクタンス  $L_q$  との積によって表される抵抗が大きくなるので、前記突極用のインダクタンス、すなわち、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  と  $q$  軸電流  $i_q$  との積を小さくするために前記電流位相を、 $90 [^\circ]$  に向けて進め、例えば、値  $\theta_2$  (例えば、 $70 [^\circ]$ ) にする必要があるが、この場合、突極を通過する磁束の数が少なくなるので、モータのトルク定数が小さくなり、マグネットトルク  $T_m$  及びリラクタンストルク  $T_r$  が小さくなり、合計トルク  $T_t$  も小さくなってしまう。その結果、モータによって発生させられる出力が小さくなってしまう。

## 【 0 0 0 8 】

本発明は、前記従来のモータの問題点を解決して、マグネットトルクを十分に利用することができ、小型化することができるとともに、高速で駆動したときにモータによって発生させられる出力を大きくすることができるモータを提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 9 】

## 【課題を解決するための手段】

そのために、本発明のモータにおいては、回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有する。

## 【 0 0 1 0 】

そして、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備える。また、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、前記各突極の形状は、前記ロータコアの回転方向における突極の中心とロータコアの軸心とを結ぶ線に対して非対称にされる。

【 0 0 1 1 】

本発明の他のモータにおいては、回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有する。

【 0 0 1 2 】

そして、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備える。また、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、前記各突極において、前記ロータコアの回転方向における突極の中心より下流側のエアギャップが上流側のエアギャップより大きくされる。

【 0 0 1 3 】

本発明の更に他のモータにおいては、回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有する。

【 0 0 1 4 】

そして、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備える。また、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、前記各突極の前半部にテーパ部が形成される。

【 0 0 1 5 】

本発明の更に他のモータにおいては、回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有する。

【 0 0 1 6 】

そして、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備える。また、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、前記各突極の前半部に穴部が形成される。

【 0 0 1 7 】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら詳細に説明する。

## 【0018】

図3は本発明の第1の実施の形態における車両駆動装置の要部を示す概略図である。

## 【0019】

図において、12は図示されないエンジンと直接連結された出力軸としてのクランクシャフト、13はドライブプレート、14は流体伝動装置としてのトルクコンバータ、25は永久磁石式同期モータ等のモータである。前記トルクコンバータ14は、センタピース15、該センタピース15と連結されたフロントカバー16、該フロントカバー16と連結されたポンプインペラ17、該ポンプインペラ17と対向させて配設され、ポンプインペラ17と共にトーラスを構成し、かつ、タービンハブ18を介して変速装置の入力軸19と連結されたタービンランナ21、ステータ22、係脱自在に配設されたロックアップクラッチ装置23、及びトルクコンバータ14を介して伝達されるトルク、すなわち、伝達トルクの変動を吸収するダンパ装置24を備える。

## 【0020】

そして、前記トルクコンバータ14において、前記エンジンから伝達された回転は、クランクシャフト12、ドライブプレート13及び環状プレート38を介してフロントカバー16に伝達され、該フロントカバー16に固定されたポンプインペラ17に伝達される。この場合、該ポンプインペラ17が回転すると、トーラス内の油は、トルクコンバータ14の軸の周囲を流れ、遠心力が加わってポンプインペラ17、タービンランナ21及びステータ22間を循環し、タービンランナ21を回転させ、前記入力軸19に伝達される。

## 【0021】

そして、ハイブリッド型車両の発進時等のように、前記ポンプインペラ17が回転を開始したばかりで、ポンプインペラ17とタービンランナ21との回転速度差が大きい場合、タービンランナ21から流れ出た油はポンプインペラ17の回転を妨げる方向に流れる。そこで、ポンプインペラ17とタービンランナ21



との間に前記ステータ 2 2 が配設され、該ステータ 2 2 は、ポンプインペラ 1 7 とタービンランナ 2 1 との回転速度差が大きいときに、ポンプインペラ 1 7 の回転を助ける方向に油の流れを変換する。

#### 【 0 0 2 2 】

続いて、前記タービンランナ 2 1 の回転速度が高くなり、前記ポンプインペラ 1 7 と前記タービンランナ 2 1 との回転速度差が小さくなると、ステータ 2 2 のブレードの表側に当たっていた油が裏側に当たるようになって、油の流れが妨げられる。そこで、前記ステータ 2 2 を一定方向にだけ回転可能にするために、前記ステータ 2 2 の内周側にワンウェイクラッチ F が配設される。したがって、油がブレードの裏側に当たるようになると、ワンウェイクラッチ F によってステータ 2 2 は自然に回転するようになるので、前記油は円滑に循環する。

#### 【 0 0 2 3 】

そして、ハイブリッド型車両が発進した後、あらかじめ設定された車速が得られると、ロックアップクラッチ装置 2 3 が係合させられ、前記エンジンの回転が油を介することなく前記入力軸 1 9 に直接伝達される。

#### 【 0 0 2 4 】

ところで、前記モータ 2 5 は、車両駆動装置ケース 2 6 に固定されたステータ 2 8、及び該ステータ 2 8 より径方向内方において、前記フロントカバー 1 6 に取り付けられて回転自在に配設されたロータ 3 1 を備え、前記ステータ 2 8 は、ステータコア 3 2、及び該ステータコア 3 2 に巻装されたコイル 3 3 を備え、前記ロータ 3 1 は、ロータコア 3 4、並びに該ロータコア 3 4 の円周方向における複数箇所に配設された図示されない永久磁石及び図示されない突極を備える。そして、前記ロータ 3 1 はクランクシャフト 1 2 及びフロントカバー 1 6 と一体に回転させられる。

#### 【 0 0 2 5 】

前記ロータ 3 1 はロータハブ 3 6 を介して前記センタピース 1 5 にセンタリングされ、前記ロータハブ 3 6 は、フロントカバー 1 6 と連結されるとともに、環状プレート 3 8 を介してドライブプレート 1 3 と連結される。なお、3 5 はロータコア 3 4 及び前記永久磁石を挟むための側板、b t 1、b t 2 はボルトである

【 0 0 2 6 】

次に、電動車両駆動制御装置としてのハイブリッド型車両駆動制御装置について説明する。

【 0 0 2 7 】

図 4 は本発明の第 1 の実施の形態におけるハイブリッド型車両駆動制御装置の概略図である。

【 0 0 2 8 】

図において、11 はエンジン、12 はクランクシャフト、14 はトルクコンバータ、25 はモータ、29 は該モータ 25 を駆動するためのモータインバータとしてのインバータ、37 は駆動輪、41 は、前記トルクコンバータ 14 と連結され、トルクコンバータ 14 から出力された回転を所定の変速段で変速する変速装置、43 はハイブリッド型車両を走行させるための電源となる第 1 のバッテリーとしての主バッテリー、45 はハイブリッド型車両の補機を作動させるための電源となる第 2 のバッテリーとしての補機バッテリーである。前記インバータ 29 は、リレーとしてのメインリレー 47 及び直流ケーブル CB 1、CB 2 を介して主バッテリー 43 に接続され、該主バッテリー 43 から直流の電流が供給される。また、前記主バッテリー 43 は、メインリレー 47、直流ケーブル CB 1、CB 2、及び該直流ケーブル CB 1、CB 2 から分岐する直流ケーブル CB 3、CB 4 を介して DC/DC コンバータ 48 に接続され、該 DC/DC コンバータ 48 と前記補機バッテリー 45 とが接続される。

【 0 0 2 9 】

本実施の形態において、前記主バッテリー 43 における第 1 の電源電圧としての電圧は 42 [V] であり、前記補機バッテリー 45 における第 2 の電源電圧としての電圧は 12 [V] であり、前記 DC/DC コンバータ 48 は、42 [V] の電圧を 12 [V] の電圧に変換したり、12 [V] の電圧を 42 [V] の電圧に変換したりする。また、前記 DC/DC コンバータ 48 内にスイッチ 56 が配設され、該スイッチ 56 をオン・オフすることによって、DC/DC コンバータ 48 を作動させたり、DC/DC コンバータ 48 の作動を停止させたりすることがで

きる。

【 0 0 3 0 】

前記インバータ 2 9 の入口側に、インバータ 2 9 に印加される直流の電圧、すなわち、モータインバータ電圧  $V_{in}$  を検出するために直流電圧検出部としてのモータインバータ電圧センサ 7 6 が配設され、前記直流ケーブル C B 2 の所定の箇所に、インバータ 2 9 に供給される直流の電流、すなわち、モータインバータ電流  $I_{in}$  を検出するために直流電流検出部としてのモータインバータ電流センサ 7 8 が配設される。そして、前記モータインバータ電圧  $V_{in}$  は車両制御装置 5 1 に、モータインバータ電流  $I_{in}$  はモータ制御装置 4 9 に送られる。なお、前記主バッテリー 4 3 とインバータ 2 9 との間に平滑用のコンデンサ C が接続される。

【 0 0 3 1 】

また、前記車両制御装置 5 1 は、図示されない C P U、記録装置等から成り、車両駆動装置の全体の制御を行い、所定のプログラム、データ等に基づいてコンピュータとして機能する。前記車両制御装置 5 1 に、エンジン制御装置 4 6、モータ制御装置 4 9 及び自動変速機制御装置 5 2 が接続される。そして、前記エンジン制御装置 4 6 は、図示されない C P U、記録装置等から成り、エンジン 1 1 の制御を行うために、スロットル開度  $\theta$ 、バルブタイミング等の指示信号をエンジン 1 1 に送る。また、前記モータ制御装置 4 9 は、図示されない C P U、記録装置等から成り、前記モータ 2 5 の制御を行うために、駆動信号をインバータ 2 9 に送る。そして、前記自動変速機制御装置 5 2 は、図示されない C P U、記録装置等から成り、自動変速機の制御を行うために、ソレノイド信号等の各信号を変速装置 4 1 に送る。なお、前記エンジン制御装置 4 6、モータ制御装置 4 9 及び自動変速機制御装置 5 2 によって第 1 の制御装置が、前記車両制御装置 5 1 によって、第 1 の制御装置より上位に位置する第 2 の制御装置が構成される。また、前記エンジン制御装置 4 6、モータ制御装置 4 9 及び自動変速機制御装置 5 2 は、車両制御装置 5 1 と同様に、所定のプログラム、データ等に基づいてコンピュータとして機能する。

【 0 0 3 2 】

前記インバータ 2 9 は、駆動信号に従って駆動され、力行時に主バッテリー 4 3 から直流の電流を受けて、各相の電流  $I_U$ 、 $I_V$ 、 $I_W$  を発生させ、各相の電流  $I_U$ 、 $I_V$ 、 $I_W$  をモータ 2 5 に供給し、回生時に該モータ 2 5 から各相の電流  $I_U$ 、 $I_V$ 、 $I_W$  を受けて、直流の電流を発生させ、主バッテリー 4 3 に供給する。

#### 【 0 0 3 3 】

そして、4 4 は前記主バッテリー 4 3 の状態、すなわち、バッテリー状態としてのバッテリー残量 SOC を検出するバッテリー残量検出装置、5 3 は変速操作部としての図示されないシフトレバーの位置、すなわち、シフトポジション SP を検出するシフトポジションセンサ、5 5 は図示されないアクセルペダルの位置（踏込量）、すなわち、アクセルペダル位置 AP を検出するエンジン負荷検出部及びアクセル操作検出部としてのアクセルスイッチ、6 2 は図示されないブレーキペダルの位置（踏込量）、すなわち、ブレーキペダル位置 BP を検出するブレーキ操作検出部としてのブレーキスイッチ、6 3 は主バッテリー 4 3 の温度  $t_{mB}$  を検出する温度検出部としてのバッテリー温度センサである。なお、前記アクセルペダル位置 AP によってエンジン 1 1 に対する負荷、すなわち、エンジン負荷が表される。

#### 【 0 0 3 4 】

そして、6 8、6 9 はそれぞれ各相の電流  $I_U$ 、 $I_V$  を検出する交流電流検出部としての電流センサ、7 2 は前記バッテリー状態としてのバッテリー電圧 VB を検出する主バッテリー 4 3 用の電圧検出部としてのバッテリー電圧センサである。前記バッテリー電圧 VB は車両制御装置 5 1 に送られる。また、バッテリー状態として、バッテリー電流、バッテリー温度等を検出することもできる。なお、バッテリー残量検出装置 4 4、バッテリー電圧センサ 7 2、図示されないバッテリー電流センサ、図示されないバッテリー温度センサ等によってバッテリー状態検出部が構成される。また、電流  $I_U$ 、 $I_V$  はモータ制御装置 4 9 に供給される。

#### 【 0 0 3 5 】

前記車両制御装置 5 1 は、前記エンジン制御装置 4 6 にエンジン制御信号を送り、エンジン制御装置 4 6 によってエンジン 1 1 の駆動・停止を設定させる。ま

た、前記車両制御装置 5 1 の図示されない車速算出処理手段は、車速算出処理を行い、モータ 2 5 のロータ 3 1 (図 3) の位置、すなわち、ロータ位置を読み込み、該ロータ位置の変化率を算出し、該変化率、及び前記センタースピース 1 5 から駆動輪 3 7 までのトルク伝達系におけるギヤ比に基づいて車速を算出する。

## 【 0 0 3 6 】

そして、車両制御装置 5 1 は、エンジン 1 1 の回転速度、すなわち、エンジン回転速度  $N_E$  の目標値を表すエンジン目標回転速度  $N_E^*$ 、及びモータ 2 5 のトルク、すなわち、モータトルク  $T$  の目標値を表すモータ目標トルク  $T^*$  を設定する。本実施の形態においては、前記モータ 2 5 を、エンジン 1 1 を始動するためのスタータとして使用したり、発電機として使用したりするようになっているが、エンジン 1 1 のスロットル開度  $\theta$  が変化してエンジントルク  $T_E$  が変動したときに補助駆動源として使用することもできる。

## 【 0 0 3 7 】

次に、前記モータ制御装置 4 9 の動作について説明する。この場合、モータ制御装置 4 9 は、モータ 2 5 のロータ 3 1 の磁極対の方向に  $d$  軸を、該  $d$  軸と直角の方向に  $q$  軸をそれぞれ採った  $d-q$  軸モデル上でベクトル制御演算によるフィードバック制御を行う。

## 【 0 0 3 8 】

まず、モータ制御装置 4 9 の図示されないモータ回転速度算出処理手段は、モータ回転速度算出処理を行い、前記ロータ位置を読み込み、該ロータ位置の変化率を算出することによってモータ 2 5 の回転速度、すなわち、モータ回転速度  $N$  を算出する。

## 【 0 0 3 9 】

続いて、前記モータ制御装置 4 9 の図示されないモータ制御処理手段は、モータ制御処理を行い、モータ目標トルク  $T^*$  及びバッテリー電圧  $V_B$  を読み込み、前記モータ回転速度  $N$ 、モータ目標トルク  $T^*$  及びバッテリー電圧  $V_B$  に基づいて、前記モータ制御装置 4 9 の記録装置に記録されたモータ制御用の電流指令値マップを参照し、 $d$  軸電流指令値  $I_d^*$  及び  $q$  軸電流指令値  $I_q^*$  を算出し、決定する。

## 【 0 0 4 0 】

また、前記モータ制御処理手段は、電流センサ 6 8、6 9 から電流  $I_U$ 、 $I_V$  を読み込むとともに、該電流  $I_U$ 、 $I_V$  に基づいて電流  $I_W$

$$I_W = I_U - I_V$$

を算出する。なお、電流  $I_W$  を電流  $I_U$ 、 $I_V$  と同様に電流センサによって検出することもできる。

## 【 0 0 4 1 】

続いて、前記モータ制御処理手段の図示されない交流電流算出処理手段は、交流電流算出処理を行い、交流の電流である d 軸電流  $i_d$  及び q 軸電流  $i_q$  を算出する。そのために、前記交流電流算出処理手段は、3 相 / 2 相変換を行い、電流  $I_U$ 、 $I_V$ 、 $I_W$  を d 軸電流  $i_d$  及び q 軸電流  $i_q$  に変換する。そして、前記モータ制御処理手段の図示されない交流電圧指令値算出処理手段は、交流電圧指令値算出処理を行い、前記 d 軸電流  $i_d$  及び q 軸電流  $i_q$ 、並びに前記 d 軸電流指令値  $i_d^*$  及び q 軸電流指令値  $i_q^*$  に基づいて、電圧指令値  $V_d^*$ 、 $V_q^*$  を算出する。また、前記モータ制御処理手段は、2 相 / 3 相変換を行い、電圧指令値  $V_d^*$ 、 $V_q^*$  を電圧指令値  $V_U^*$ 、 $V_V^*$ 、 $V_W^*$  に変換し、該電圧指令値  $V_U^*$ 、 $V_V^*$ 、 $V_W^*$  に基づいてパルス幅変調信号  $S_U$ 、 $S_V$ 、 $S_W$  を算出し、該パルス幅変調信号  $S_U$ 、 $S_V$ 、 $S_W$  を前記モータ制御装置 4 9 の図示されないドライブ処理手段に対して出力する。該ドライブ処理手段は、ドライブ処理を行い、パルス幅変調信号  $S_U$ 、 $S_V$ 、 $S_W$  に基づいて駆動信号を前記インバータ 2 9 に送る。このようにして、モータ 2 5 のフィードバック制御が行われる。

## 【 0 0 4 2 】

次に、前記モータ 2 5 の構造について説明する。

## 【 0 0 4 3 】

図 1 は本発明の第 1 の実施の形態におけるロータの例を示す図、図 5 は本発明の第 1 の実施の形態におけるロータの要部を示す概念図である。

## 【 0 0 4 4 】

図において、3 1 はモータ 2 5 の駆動に伴って矢印 A 方向に回転させられるロータ、3 4 は回転自在に支持されたロータコア、3 0 は、該ロータコア 3 4 の円

周方向における複数箇所、本実施の形態においては、12箇所等に等ピッチで配設された永久磁石であり、前記ロータコア34は、磁性体等、例えば、鋼材によって形成された環状の本体部50、該本体部50より径方向外方において、前記永久磁石30を包囲して形成された磁石部としての保持部65、及び前記各永久磁石30間の中央に等ピッチで形成された突極57を備え、永久磁石30と突極57との間に溝58、59が形成される。該保持部65は、ロータ31が回転させられたときに、遠心力に抗して永久磁石30を保持する。

## 【0045】

前記ロータ31の円周方向において、前記突極57の開き角度を $\alpha 1$ とし、永久磁石30の開き角度を $\alpha 2$ とし、開き角度 $\alpha 1$ の中心線（ロータ31の回転方向における突極57の中心とロータコア34の軸心（ロータ31の軸心）とを結ぶ線）を $\varepsilon 1$ とし、開き角度 $\alpha 2$ の中心線（ロータ31の回転方向における永久磁石30の中心とロータコア34の軸心とを結ぶ線）を $\varepsilon 2$ としたとき、前記中心線 $\varepsilon 1$ は、二つの中心線 $\varepsilon 2$ の成す角の中心線と一致させられる。

## 【0046】

前記ロータ31の外周には、ステータコア32（図3）が配設され、該ステータコア32には、72個のティースが等ピッチで径方向内方に向けて突出させて形成され、各ティース間にスロットが形成される。

## 【0047】

前記永久磁石30は、前記中心線 $\varepsilon 1$ によって設定されるd軸上に形成され、コイル33に電流が供給されることによって形成される電磁石の位置を表す電流位相を変化させることにより、マグネットトルク $T_m$ を発生させる。また、突極57は、前記中心線 $\varepsilon 2$ によって設定されるq軸上に形成され、前記電流位相を変化させることによってリラクタンストルク $T_r$ を発生させる。q軸はd軸から電気角で90〔°〕進んだ位置に設定される。

## 【0048】

ところで、前記突極57の形状は、前記中心線 $\varepsilon 1$ に対して非対称にされ、永久磁石30の回転方向における下流側を前方とし、上流側を後方としたとき、突極57の外周縁における前方の所定の領域、本実施の形態においては、突極57

の前端から中心線  $\varepsilon 1$  よりわずかに後方に設定された箇所までの第 1 の領域（主として突極 5 7 の前半部）に、テーパ部  $p a$  が形成され、前記第 1 の領域の後端から突極 5 7 の後端までの第 2 の領域（主として突極 5 7 の後半部）に、ロータ 3 1 の円周方向に沿って延びる平坦（たん）部  $p b$  が形成される。

## 【 0 0 4 9 】

ところで、前記永久磁石 3 0 は、磁束の通りやすさからみてエアギャップと等価であるのに対して、突極 5 7 は、本体部 5 0 と一体に、磁性体、例えば、鋼材によって形成されるので、ステータコア 3 2 に向けて、すなわち、径方向外方に向けて突出させられている量が多い分だけエアギャップが小さくなる。

## 【 0 0 5 0 】

したがって、前記第 1 の領域にテーパ部  $p a$  が形成されることによって、ステータ 2 2 とロータ 3 1 との間のエアギャップは、前記ロータコア 3 4 の回転方向における突極 5 7 の中心より下流側において大きくされる。

## 【 0 0 5 1 】

そして、突極 5 7 の全体からみると、巻線に  $q$  軸電流  $i q$  を流すことによる起磁力によって突極 5 7 に発生する磁束密度分布の中心が、ロータ 3 1 の回転方向（矢印 A 方向）に対して逆方向、すなわち、矢印 B 方向にずらされる（オフセットされる）。

## 【 0 0 5 2 】

これはリラクタンストルク  $T r$  にとっての  $q$  軸が矢印 B 方向にずれたことと等価であるので、電流位相が  $0 [^\circ]$  であっても、リラクタンストルク  $T r$  を発生させることができ、該リラクタンストルク  $T r$  が最大値になる電流位相は、 $45 [^\circ]$  から  $0 [^\circ]$  に近づく。なお、本実施の形態において、モータ 2 5 はクラクシャフト 1 2 を介してエンジン 1 1 と連結されているので、一方向にだけ駆動され、ロータ 3 1 は矢印 A 方向にだけ回転させられる。

## 【 0 0 5 3 】

本実施の形態においては、第 1 の領域にテーパ部  $p a$  が形成されるので、ロータ 3 1 を回転させたときに、各ティースと対応する突極 5 7 とが切り換わる際の磁束の流れの変化を緩和することができる。したがって、脈動が発生するのを防



止することができる。その結果、モータ 2 5 を駆動したときに振動が発生するのを防止することができる。なお、モータ 2 5 の特性に応じてテーパ部 p a に代えて、第 1 の領域を所定のパターンで変形させることもできる。

【 0 0 5 4 】

図 6 は本発明の第 1 の実施の形態における電流位相とトルクとの関係図である。なお、図において、横軸に電流位相を、縦軸にトルクを採ってある。

【 0 0 5 5 】

図において、 $T_m$  はマグネットトルクであり、極対数を  $P$  とし、巻線を鎖交する永久磁石 3 0 の磁束を  $\phi_m$  とし、マグネットトルク  $T_m$  は、

$$T_m = P \cdot \phi_m \cdot i_q$$

になる。ここで、 $q$  軸電流  $i_q$  は、コイル 3 3 (図 3) に供給される電流を  $I$  ( $I_U$ 、 $I_V$ 、 $I_W$ ) とすると、

$$i_q = \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta$$

であるので、マグネットトルク  $T_m$  は、

$$T_m = P \cdot \phi_m \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta$$

になる。

【 0 0 5 6 】

また、 $T_r$  はリラクタンストルクであり、 $d$  軸インダクタンスを  $L_d$  とし、 $q$  軸インダクタンスを  $L_q$  とし、 $d$  軸電流を  $i_d$  としたとき、リラクタンストルク  $T_r$  は、

$$T_r = P \cdot (L_d - L_q) \cdot i_d \cdot i_q$$

になる。ここで、 $d$  軸電流  $i_d$  は、

$$i_d = \sqrt{3} \cdot I \cdot \sin \theta$$

であるので、磁束の中心が矢印 B 方向に移動させられる角度 (電気角) を  $\beta$  とすると、リラクタンストルク  $T_r$  は、

$$\begin{aligned} T_r &= P \cdot (L_d - L_q) \cdot 3 \cdot I^2 \cdot 2 \cdot \sin (2\theta + \beta) \\ &= 6 \cdot P \cdot (L_d - L_q) \cdot I^2 \cdot \sin (2\theta + \beta) \end{aligned}$$

になる。

【 0 0 5 7 】

また、 $T_t$  はマグネットトルク  $T_m$  及びリラクタンストルク  $T_r$  を加算して得られる合計トルクであり、該合計トルク  $T_t$  は、

$$T_t = P \cdot \phi_m \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta + 6 \cdot P \cdot (L_d - L_q) \cdot I^2 \cdot \sin(2\theta + \beta)$$

になる。この場合、電流位相が  $0 [^\circ]$  であるときに、マグネットトルク  $T_m$  が最大値  $\tau_{max}$  になり、リラクタンストルク  $T_r$  が零 (0) より大きい所定の値  $\tau_c$  になる。したがって、リラクタンストルク  $T_r$  が最大値になる電流位相は、 $45 [^\circ]$  から  $0 [^\circ]$  に近づき、 $\theta_4 [^\circ]$  になる。

【0058】

そして、合計トルク  $T_t$  の最大値は、電流位相が  $0 \sim \theta_4 [^\circ]$  の間の値  $\theta_3$  (例えば、 $30 [^\circ]$ ) で得られ、そのとき、マグネットトルク  $T_m$  は最大値  $\tau_{max}$  に近い値を採る。したがって、マグネットトルク  $T_m$  を十分に利用することができるので、必要な値の合計トルク  $T_t$  を発生させようとするときに、モータ 25 を小型化することができる。

【0059】

なお、前記テーパ部  $p_a$  (図 5) が形成されない場合の合計トルク  $T_t$  は、

$$T_t = P \cdot \phi_m \cdot \sqrt{3} \cdot I \cdot \cos \theta + 6 \cdot P \cdot (L_d - L_q) \cdot I^2 \cdot \sin 2\theta$$

である。

【0060】

ところで、モータ 25 が高回転領域で駆動され、角速度  $\omega$  が大きくなると、 $q$  軸インダクタンス  $L_q$  と角速度  $\omega$  との積を表す値  $\omega \cdot L_q$  がその分大きくなり、モータ 25 の出力を大きくすることができなくなってしまう。そこで、モータ 25 を高回転領域で駆動する場合に電流位相を所定の量だけ進め、弱め界磁制御を行うようにしている。

【0061】

ところが、本実施の形態においては、巻線に  $q$  軸電流  $i_q$  を流すことによる起磁力によって突極 57 に発生する磁束密度分布の中心が、ロータ 31 の回転方向 (矢印 A 方向) に対して逆の矢印 B 方向に移動させられているので、その分通常

の突極 5 7 の形状に対して力行側における q 軸インダクタンス  $L_q$  が小さい。したがって、弱め界磁制御を行う際の電流位相を進める量をその分だけ少なくすることができる。その結果、合計トルク  $T_t$  が小さくなるのを防止することができる。モータ 2 5 によって発生させられる出力を大きくすることができる。

## 【 0 0 6 2 】

次に、モータ 2 5 が低回転領域で駆動され、角速度  $\omega$  が低い場合、及びモータ 2 5 が高回転領域で駆動され、角速度  $\omega$  が高い場合のコイル 3 3 に印加される電圧  $V$  ( $V_U$ 、 $V_V$ 、 $V_W$ ) について説明する。

## 【 0 0 6 3 】

図 7 はオフセットがない場合のモータの低回転領域の駆動状態を示す比較図、図 8 はオフセットがない場合のモータの高回転領域の駆動状態を示す比較図、図 9 は本発明の第 1 の実施の形態におけるモータの低回転領域の駆動状態を示す図、図 1 0 は本発明の第 1 の実施の形態におけるモータの高回転領域の駆動状態を示す図である。

## 【 0 0 6 4 】

ところで、d - q 軸モデル上の q 軸電圧を  $V_q$  とし、d 軸電圧を  $V_d$  としたとき、電圧  $V$  は、

$$V = \sqrt{(V_q^2 + V_d^2)}$$

であり、ロータ 3 1 (図 3) の角速度を  $\omega$  とし、ステータ 2 8 の抵抗を  $R$  とし、巻線を鎖交する永久磁石 3 0 の磁束を  $\phi_m$  とすると、q 軸電圧  $V_q$  は、電圧方程式から

$$V_q = \omega \cdot \phi_m + R \cdot i_q$$

になる。また、オフセットがない場合の q 軸インダクタンス  $L_q$  を  $L_{q1}$  としたとき、d 軸電圧  $V_d$  は、電圧方程式から

$$V_d = -\omega \cdot L_{q1} \cdot i_q$$

になる。

## 【 0 0 6 5 】

そして、従来のモータのように、オフセットがない場合でモータ 2 5 が低回転領域で駆動されると、図 7 に示されるように、電圧  $V$  は、破線で示される上限値

の範囲内に収まる。

【 0 0 6 6 】

また、オフセットがない場合でモータ 2 5 が高回転領域で駆動されると、角速度  $\omega$  が高くなるのに伴って、q 軸電圧  $V_q$  が大きくなり、図 8 に示されるように、理論上、必要になる電圧  $V'$  は、上限値の範囲を超え、電圧飽和が発生してしまう。そこで、弱め界磁制御が行われ、負の d 軸電流  $i_d$  が供給され、d 軸電圧  $V_d$  は、

$$V_d = -\omega \cdot L_{q1} \cdot i_q + R \cdot i_d$$

にされる。また、q 軸電圧  $V_q$  は、

$$V_q = \omega \cdot \phi_m + R \cdot i_q + \omega \cdot L_d \cdot i_d$$

になる。

【 0 0 6 7 】

このようにして、図 8 に示されるように、電圧  $V$  は、破線で示される上限値の範囲内に収まるようになる。

【 0 0 6 8 】

一方、本実施の形態において、オフセットがある場合の q 軸インダクタンス  $L_q$  を  $L_{q2}$  としたとき、

$$L_{q2} < L_{q1}$$

であるので、

$$V_d = -\omega \cdot L_{q2} \cdot i_q + R \cdot i_d$$

にされる。また、q 軸電圧  $V_q$  は、

$$V_q = \omega \cdot \phi_m + R \cdot i_q + \omega \cdot L_d \cdot i_d$$

になり、モータ 2 5 が低回転領域で駆動されると、図 9 に示されるように、電圧  $V$  は、上限値の範囲内に収まる。

【 0 0 6 9 】

そして、オフセットがある場合でモータ 2 5 が高回転領域で駆動されると、角速度  $\omega$  が高くなるのに伴って、q 軸電圧  $V_q$  が大きくなり、図 1 0 に示されるように、理論上、必要になる電圧  $V'$  は、上限値の範囲を超えてしまう。そこで、弱め界磁制御が行われ、負の d 軸電流  $i_d$  が供給され、d 軸電圧  $V_d$  は、

$$V_d = -\omega \cdot L_q \cdot i_q + R \cdot i_d$$

にされる。また、q軸電圧 $V_q$ は、

$$V_q = \omega \cdot \phi_m + R \cdot i_q + \omega \cdot L_d \cdot i_d$$

になる。

【0070】

ところが、本実施の形態においては、オフセットがある場合のq軸インダクタンス $L_q$ の値 $L_{q2}$ が値 $L_{q1}$ より小さいので、図10の電圧 $V'$ は図8の電圧 $V'$ と比べて小さい。したがって、弱め界磁制御を開始するモータ回転速度 $N$ を高くすることができる。また、弱め界磁制御において供給されるd軸電流 $i_d$ を小さくすることができる。

【0071】

その結果、高速で駆動したときに、合計トルク $T_t$ が小さくなるのを防止することができ、モータによって発生させられる出力を大きくすることができる。

【0072】

次に、モータ25を駆動してモータトルク $T$ を発生させる力行時においてコイル33に印加される電圧を力行時モータ電圧 $V_{mot}$ とし、モータ25によって逆方向のモータトルク $T$ が出力される回生時においてコイル33に印加される電圧を回生時モータ電圧 $V_{gen}$ としたときの、力行時モータ電圧 $V_{mot}$ 及び回生時モータ電圧 $V_{gen}$ の特性について説明する。

【0073】

図11は本発明の第1の実施の形態におけるモータ駆動装置の概念図、図12はオフセットがない場合の力行時モータ電圧及び回生時モータ電圧の特性図、図13は本発明の第1の実施の形態における力行時モータ電圧及び回生時モータ電圧の特性図である。なお、図12及び13において、横軸にモータ回転速度 $N$ を、縦軸にモータトルク $T$ を採っている。

【0074】

図11において、25はモータ、29はインバータ、43は主バッテリーである。ここで、バッテリー電圧を $V_B$ とし、バッテリー電流を $I_B$ とし、主バッテリー43の内部抵抗を $R_1$ とし、モータインバータ電流を $I_{in}$ とし、インバータ29の

スイッチング抵抗を  $R_2$  とし、直流ケーブル  $CB_1$ 、 $CB_2$ （図 4）の抵抗を  $R_3$  とすると、力行時モータ電圧  $V_{mot}$  は、

$$V_{mot} = V_B - I_B \cdot R_1 - I_{in} \cdot R_2 - I_{in} \cdot R_3$$

になる。また、回生時モータ電圧  $V_{gen}$  は、

$$V_{gen} = V_B + I_{in} \cdot R_3 + I_{in} \cdot R_2 + I_B \cdot R_1$$

になる。

#### 【 0 0 7 5 】

力行時と回生時とでバッテリー電圧  $V_B$  が等しい場合において、従来のモータのようにオフセットがないと、図 1 2 に示されるように、高回転時において、同じモータ回転速度  $N$  では、回生時のモータトルク  $T_{gen}$  は力行時のモータトルク  $T_{mot}$  より大きい。そして、本実施の形態においては、オフセットがあるので、力行時は、従来よりも  $q$  軸インダクタンス  $L_q$  が小さくなり、弱め界磁制御を行う際の電流位相の進め量を小さくすることができ、トルク定数（＝トルク／電流）の高い電流位相で制御することができるため、高回転時のモータトルク  $T_{mot}$  が大きくなり、回生時は逆に、従来より  $q$  軸インダクタンス  $L_q$  が大きくなるのでモータトルク  $T_{gen}$  がその分低くなる。その結果、図 1 3 に示されるように、回生時のモータトルク  $T_{gen}$  と力行時のモータトルク  $T_{mot}$  とを等しくすることができ、力行時及び回生時のモータ 2 5 の出力を平準化することができる。

#### 【 0 0 7 6 】

本実施の形態においては、各突極 5 7 における第 1 の領域にテーパ部  $p_a$  が形成されるようになっているが、各突極 5 7 における第 1 の領域の軸方向の寸法を、第 2 の領域の軸方向の寸法より小さくすることもできる。

#### 【 0 0 7 7 】

また、各突極 5 7 における第 1 の領域の軸方向の寸法を、ロータ 3 1 の円周方向における下流側ほど小さくなるように徐々に変化させることもできる。

#### 【 0 0 7 8 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について説明する。

#### 【 0 0 7 9 】

図 1 4 は本発明の第 2 の実施の形態におけるロータの例を示す図である。

【 0 0 8 0 】

図において、25はモータ、31はロータ、30は永久磁石、157は突極である。この場合、該突極157の形状は、中心線ε1に対して非対称にされ、突極157における前方の所定の領域、本実施の形態においては、突極157の前半部の第1の領域に、軸方向に延びる穴部158が形成される。該穴部158は断面が円形の形状を有するが、他の任意の形状を有することもできる。

【 0 0 8 1 】

前記穴部158は、磁束の通りやすさからみて、エアギャップと等価であるので、穴部158の径方向外方におけるエアギャップが見掛け上大きくなり、突極57の全体からみると、巻線にq軸電流 $i_q$ を流すことによる起磁力によって突極157に発生する磁束密度分布の中心が、ロータ31の回転方向（矢印A方向）に対して逆の矢印B方向（図5）にずらされる。

【 0 0 8 2 】

なお、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々変形させることが可能であり、それらを本発明の範囲から排除するものではない。

【 0 0 8 3 】

【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明によれば、モータにおいては、回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有する。

【 0 0 8 4 】

そして、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備える。また、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、前記各突極の形状は、前記ロータコアの回転方向における突極の中心とロータコアの軸心とを結ぶ線に対して非対称にされる。

【 0 0 8 5 】

この場合、巻線に q 軸電流を流すことによる起磁力によって突極に発生する磁束密度分布の中心がロータの回転方向に対して逆方向にずらされる。したがって、マグネットトルクを十分に利用することができ、モータを小型化することができる。

【0086】

また、弱め界磁制御を行う際の電流位相を進める量をその分だけ少なくすることができるので、合計トルクが小さくなるのを防止することができ、モータによって発生させられる出力を大きくすることができる。

【0087】

そして、回生時のモータトルクが低くなるので、回生時のモータトルクと力行時のモータトルクとを等しくすることができ、力行時及び回生時のモータの出力を平準化することができる。

【0088】

本発明の他のモータにおいては、回転自在に支持されたロータコアと、該ロータコアの円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石とを有する。

【0089】

そして、前記ロータコアは、前記各永久磁石間の中央に等ピッチで形成された突極を備える。また、該各突極の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、前記各突極の前半部にテーパ部が形成される。

【0090】

この場合、各突極の前半部にテーパ部が形成されるので、ロータコアを回転させたときに、各ティースと対応する突極とが切り換わる際の磁束の流れの変化を緩和することができる。したがって、脈動が発生するのを防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態におけるロータの例を示す図である。



【図 2】

電流位相とトルクとの関係図である。

【図 3】

本発明の第 1 の実施の形態における車両駆動装置の要部を示す概略図である。

【図 4】

本発明の第 1 の実施の形態におけるハイブリッド型車両駆動制御装置の概略図である。

【図 5】

本発明の第 1 の実施の形態におけるロータの要部を示す概念図である。

【図 6】

本発明の第 1 の実施の形態における電流位相とトルクとの関係図である。

【図 7】

オフセットがない場合のモータの低回転領域の駆動状態を示す比較図である。

【図 8】

オフセットがない場合のモータの高回転領域の駆動状態を示す比較図である。

【図 9】

本発明の第 1 の実施の形態におけるモータの低回転領域の駆動状態を示す図である。

【図 1 0】

本発明の第 1 の実施の形態におけるモータの高回転領域の駆動状態を示す図である。

【図 1 1】

本発明の第 1 の実施の形態におけるモータ駆動装置の概念図である。

【図 1 2】

オフセットがない場合の力行時モータ電圧及び回生時モータ電圧の特性図である。

【図 1 3】

本発明の第 1 の実施の形態における力行時モータ電圧及び回生時モータ電圧の特性図である。

【図 1 4】

本発明の第 2 の実施の形態におけるロータの例を示す図である。

【符号の説明】

2 5      モータ

3 0      永久磁石

3 4      ロータコア

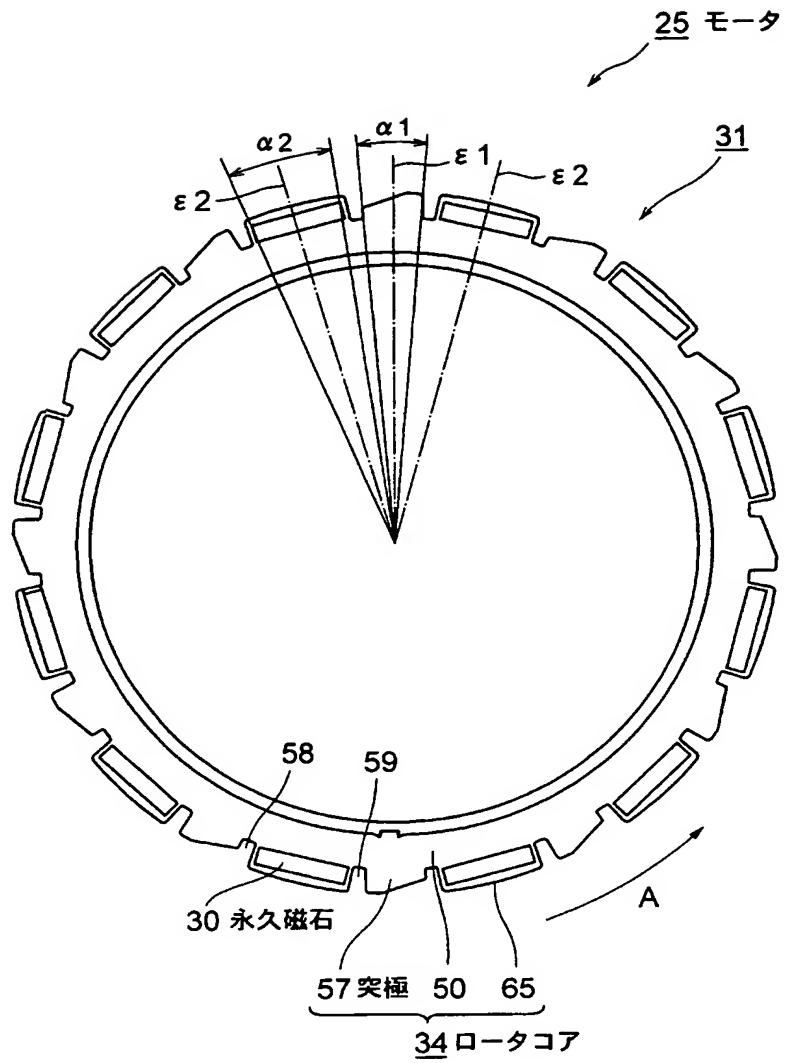
5 7、1 5 7      突極

1 5 8      穴部

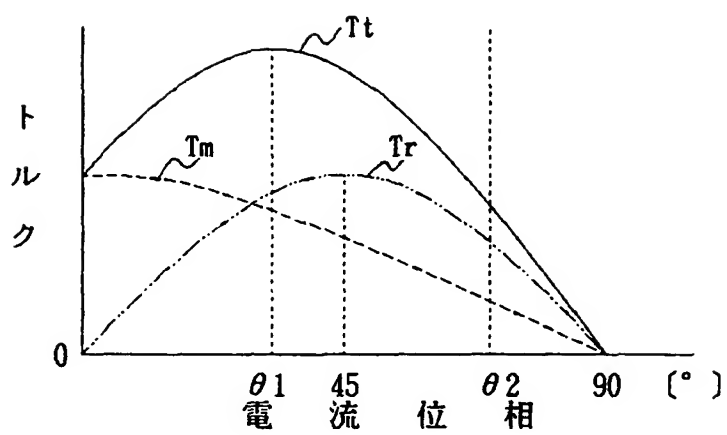
p a      テーパ部

【書類名】 図面

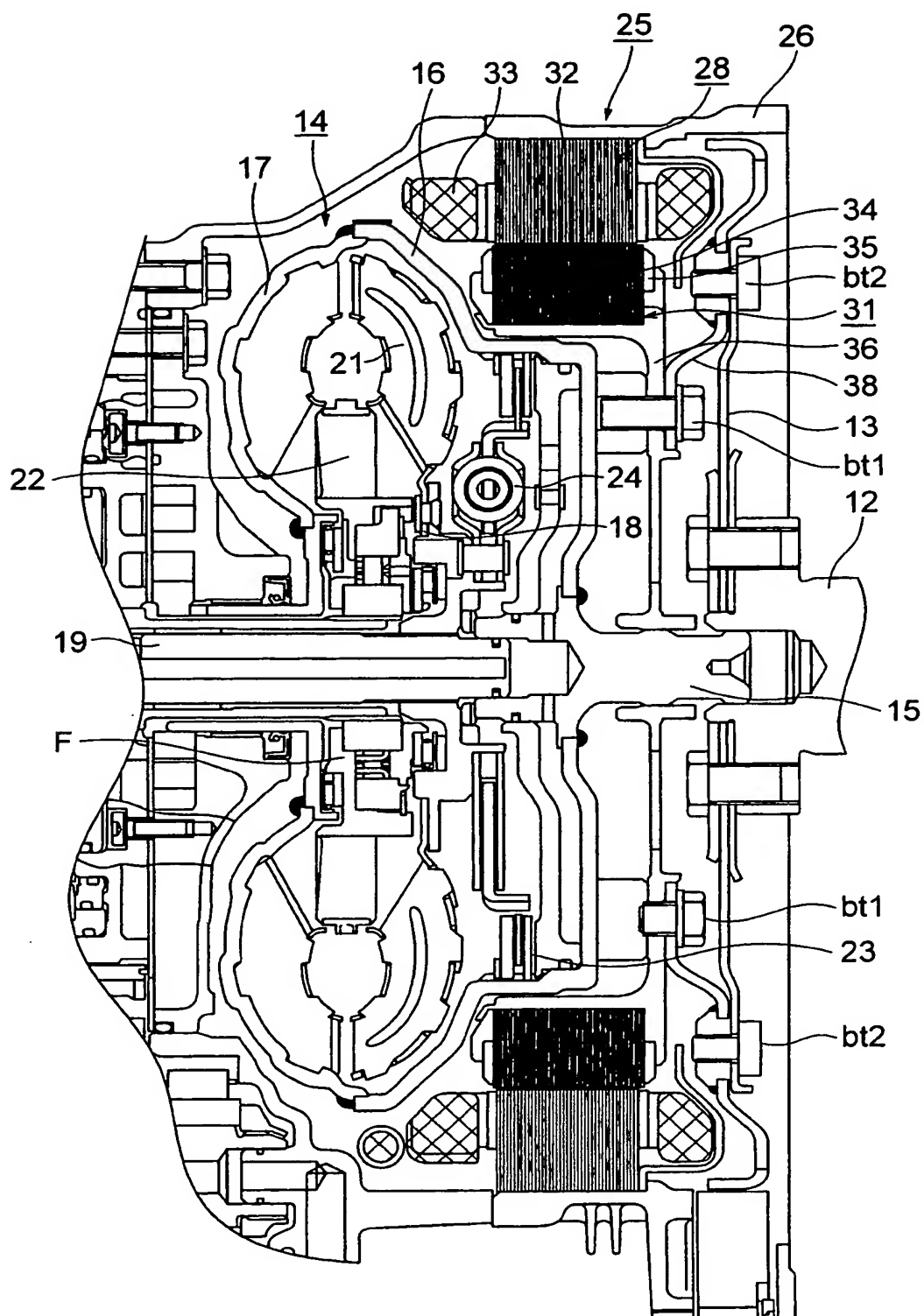
【図 1】



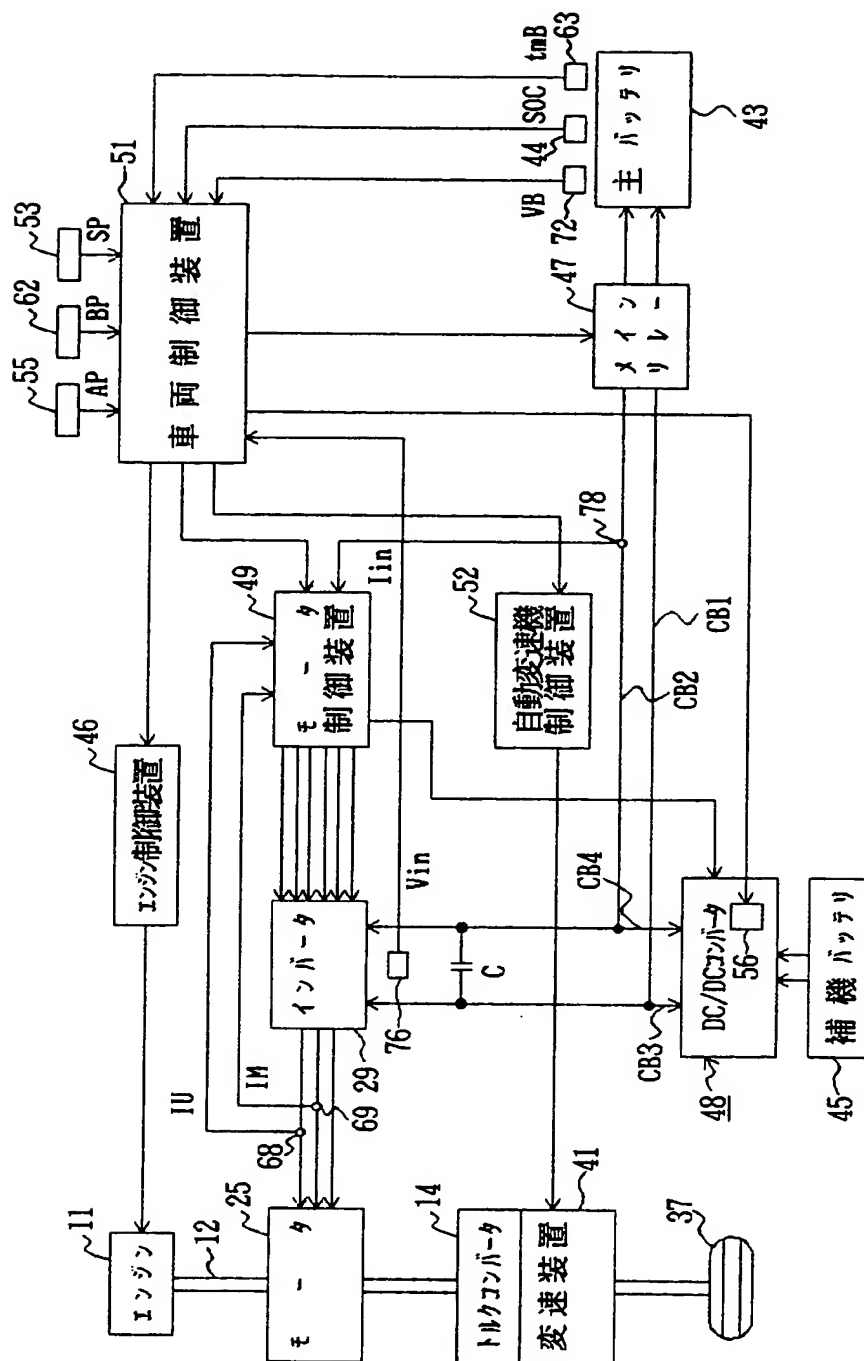
【図 2】



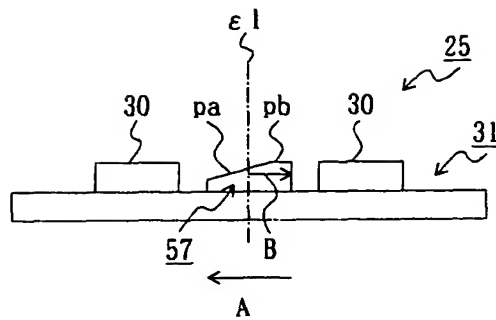
【図 3】



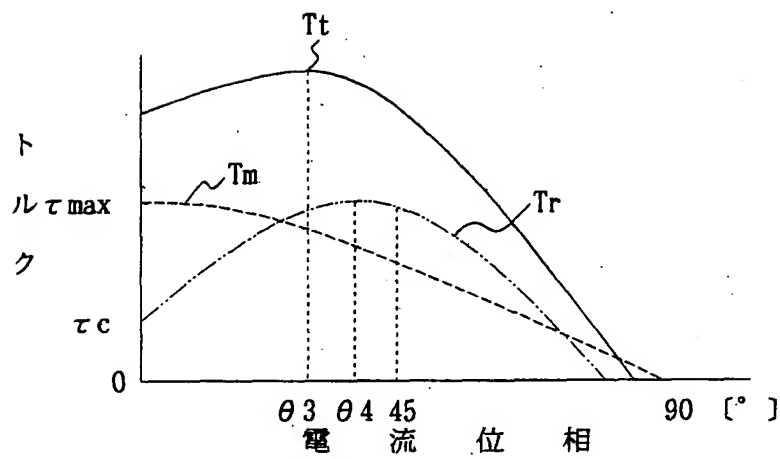
【図 4】



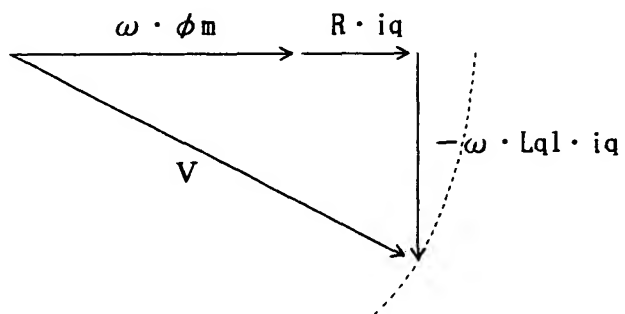
【図 5】



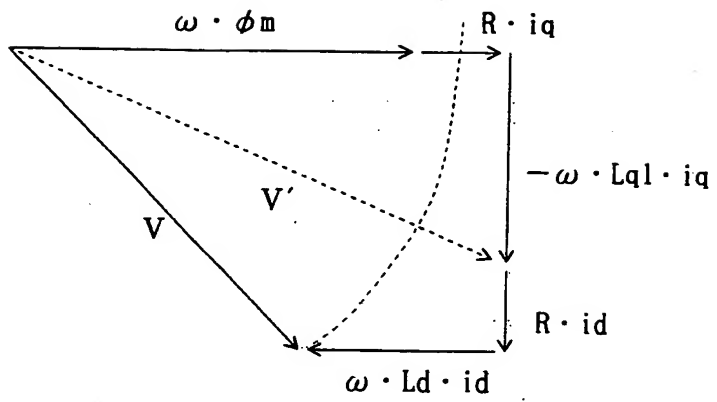
【図 6】



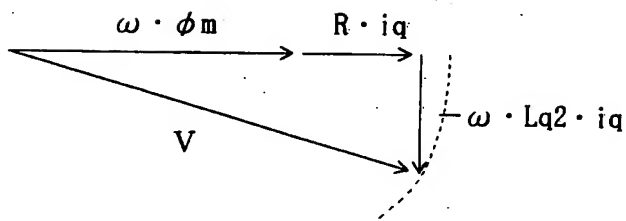
【図 7】



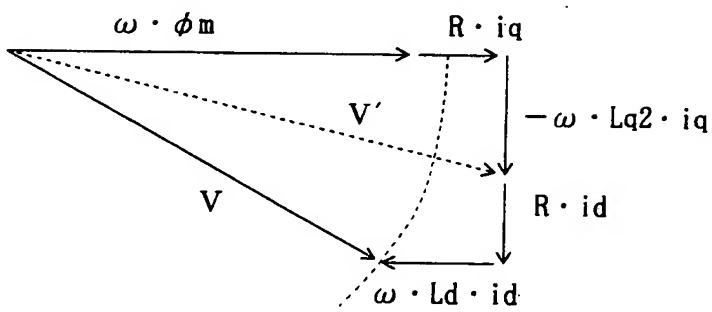
【図 8】



【図 9】

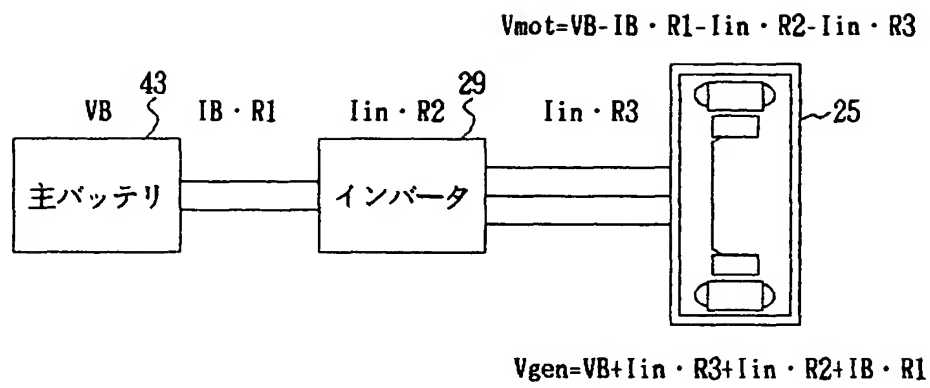


【図 10】

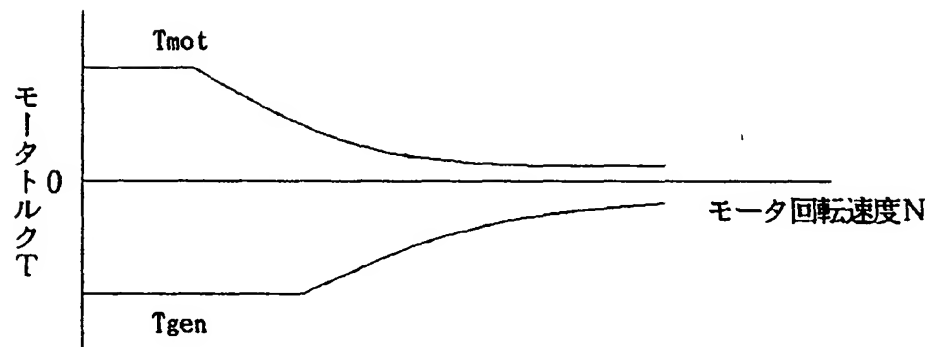




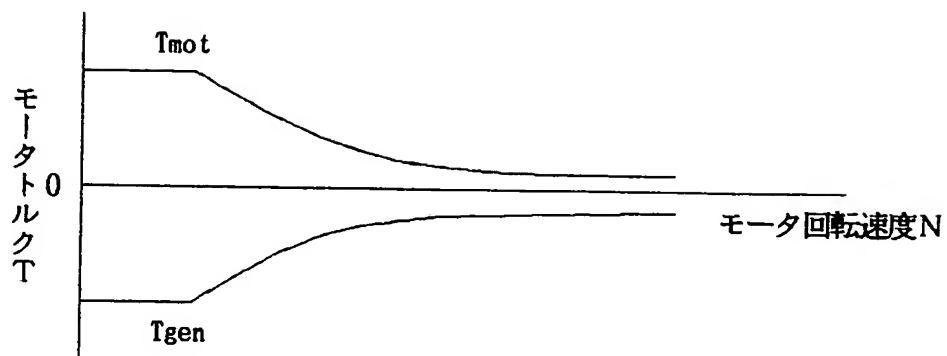
【図 1 1】



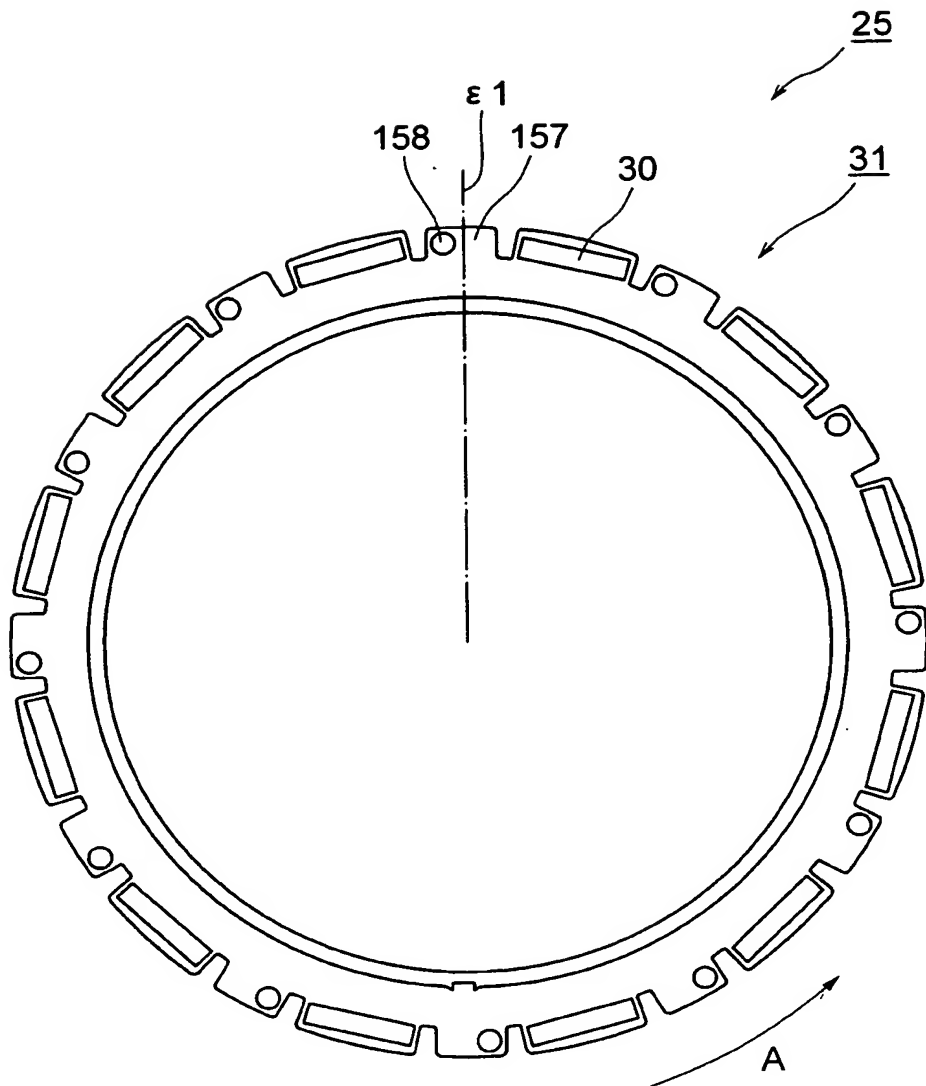
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 マグネットトルクを十分に利用することができ、モータを小型化することができるようにする。

【解決手段】 回転自在に支持されたロータコア 3 4 と、ロータコア 3 4 の円周方向における複数箇所に等ピッチで配設された永久磁石 3 0 とを有する。ロータコア 3 4 は、各永久磁石 3 0 間の中央に等ピッチで形成された突極 5 7 を備える。また、各突極 5 7 の開き角度の中心線は、隣接する二つの永久磁石 3 0 の開き角度の各中心線の成す角の中心線と一致させられる。そして、各突極 5 7 の形状は、ロータコア 3 4 の回転方向における突極 5 7 の中心とロータコア 3 4 の軸心とを結ぶ線に対して非対称にされる。突極 5 7 に発生する磁束密度分布の中心がロータコア 3 4 の回転方向に対して逆の方向にずらされるので、マグネットトルクを十分に利用することができ、モータ 2 5 を小型化することができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 0 0 0 1 0 0 7 6 8 ]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 1 0 日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 愛知県安城市藤井町高根 1 0 番地  
氏 名 アイシン・エイ・ダブリュ株式会社